Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XCI, 1982 г.

УДК 556.3.014

ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ ОХРАНЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ РАЗВЕДКЕ ОРЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.Н.РЮМИН, И.Б.ПЕТРОВА, А.С.МИРОНОВ

Прогноз изменений условий фильтрации подземных вод под влиянием отработки месторождений полезных ископаемых, и, следовательно, проектируемый комплекс природоохранных мероприятий, базируются на характеристиках природного баланса водообмена и степени антропогенового воздействия на этот баланс. Качество такого прогноза и эффективность природоохранных мероприятий в решающей степени зависят от достоверности разведочных данных, полученных на разных стадиях изучения месторождения с привлечением мелкомасштабных съемок.

Между тем при оценке гидрогеологических условий месторождений, отрабатываемых открытым способом, как правило, выдвигаются претензии к качеству исходных гидрогеологических данных. Низкое качество исходной информации обусловлено прежде всего шаблонным подходом к разведке, не учитывающим в рамках строгого следования первоначальному варианту проекта всех особенностей гидрогеологического строения месторождения[x] и специфики ведения горных работ.

В этой связи определенный интерес представляет опыт решения задач по идентификации гидрогеологического строения Орловского месторождения, в проведении разведки которого участвовали авторы.

Орловское буроугольное месторождение в Тургайской области приурочено к тектонической депрессии юрского периода, перекрытой свитой выдержанных в Зауралье пород мелового и палеогенового возраста: олигоценовых песков, чеганских глин, тасаранских „опоковидных" (алевритовых) глин и меловых песков и песчаников общей мощностью в пределах месторождения 120-150 м.

Основной водоносный горизонт на Орловском месторождении приурочен к меловым пескам мощностью в пределах площади угольной залежи 10-30 м.

[x] Мироненко В.А., Миронов А.С., Стрельский Ф.П. Пути повышения информативности опытно-фильтрационных исследований. – Сб. научн. трудов в/о „Союзводпроекта", 1976, вып. 46.

Меловой слабонапорный водоносный горизонт залегает на глубине 90-150 м. Выделены также юрский напорный водоносный комплекс в пределах развития песчаников, бурых углей и алевритов угленосной мульды общей мощностью 200-400 м, залегающий на глубине более 100-150 м и безнапорный приповерхностный олигоценовый водоносный горизонт сезонного обводнения, распространенный в пределах положительных форм рельефа.

На начальной стадии наших работ (1976) были уточнены цели и последовательность выполнения проекта доразведки. При этом для исследований мелового водоносного горизонта было решено основные усилия направить на получение характеристик площадной изменчивости и вертикальной зональности, поскольку для будущей системы осушения и оценки масштабов воздействия карьерного водоотлива на окружающую среду важно оценить геометрические размеры и площадь депрессионной воронки в напорной зоне фильтрации. Кроме того, были конкретизированы задачи по детализации схемы фильтрации при дренаже мелового водоносного горизонта: установление источников площадного питания и параметров, характеризующих их интенсивность, оценка роли осушения формирующейся безнапорной зоны в общем балансе водопритока, оценка роли поверхностных водотоков и юрского водоносного комплекса в питании мелового водоносного горизонта.

Для исследований, намеченных к проведению в юрском водоносном комплексе, на западном, наиболее ответственном с точки зрения устойчивости бортов карьера, участке месторождения, в качестве основной задачи было предусмотрено уточнение гидрогеологического строения участка западного замыкания угольной залежи и решение вопроса о схеме фильтрации в пределах юрского водоносного комплекса (роль анизотропии, фациальной и литологической изменчивости пород по разрезу и по падению).

Для решения этих задач в проект гидрогеологических работ на Орловском месторождении был внесен ряд изменений методического порядка, увеличивший информативность опытных работ (табл.1).

Как видно из табл.1, за счет перекомпоновки проектных объемов были практически исключены малоэффективные одиночные откачки, усилено опытное водопонижение по меловому водоносному горизонту и исключено специальное водопонижение из юрского водоносного комплекса (ввиду трудоемкости работ и малого дебита откачки).

Впервые в практике разведки угольных месторождений основной объем опытно-фильтрационных работ был отдан изучению водоносного горизонта за контуром месторождения, в зоне формирования водопритока к карьеру. Эта зона, имеющая важное значение также и с учетом возможного размещения в ней дренажных скважин, была изучена с помощью створовых откачек. Наиболее удачным оказался центральный створ гидрогеологических скважин 597-605, удаленных друг от друга на 50 м: при такой удаленности каждая откачка была эквивалентна кустовой, что позволило достоверно охарактеризовать площадную неоднородность участка створа (табл.2). Зона низкой водопроводимости, приуроченная к скважинам 596 и 612, идентифицируется достаточно надежно только при откачках из этих двух скважин, при проведе-

Таблица 1

Сопоставление проектных заданий и фактического исполнения опытно-фильтрационных работ

Вид работ	Единица измерения	По проекту	Фактически
Откачки из мелового водоносного горизонта			
Одиночные	Опыт	16	2
Кустовые		3	12
Створовые		Нет	13
Опытное водопонижение	Возмущающая скважина	3	4
	Наблюдательная скважина	12	14
Оборудование станций замеров порового давления	Скважина	Нет	3
	Глубинный манометр	Нет	13
Откачки из юрского водоносного горизонта			
Одиночные	Опыт	7	1
Кустовые		7	12
в том числе спаренные		Нет	10
Опытное водопонижение		1	Нет

Таблица 2

Результаты расчета проводимости мелового водоносного горизонта на участке центрального створа

Наблюдательная скважина	Проводимость в возмущающей скважине $T, м^2/сутки$					
	597	531	596	612	605	Средняя (локальная)
597	69	85	52	90	80	79
531	78	70	52	60	75	67
596	84	50	1	38	75	54
612	66	64	5	7	60	40
605	43	55	60	70	50	56
(по лучу)	67	65	34	53	68	58

нии откачек из удаленных скважин влияние этой зоны проявляется очень слабо, что свидетельствует о небольших размерах этой зоны, ее невыдержанности по простиранию, приуроченности к линзе конгломератов на глинистом цементе, а также о трудности (если не бесперспективности) практического поиска локальных неоднородностей методом кустовой откачки (с фиксированной возмущающей скважиной). Метод створовых откачек, предусматривающий использование всех скважин створа по очереди в качестве возмущающих, позволяет более надежно интерпретировать графики временного прослеживания с использованием выявленных локальных неоднородностей водоносного горизонта.

Определение фильтрационных параметров и решение задачи о характеристике схемы фильтрации в юрском водоносном комплексе осложнено слабой проницаемостью юрских пород, большой мощностью и изменчивостью состава пород по площади и в разрезе. В этих условиях одиночные откачки принципиально непригодны, а кустовые неприемлемо дороги. Паллиативом могут служить так называемые спаренные откачки, при проведении которых понижения уровней в слоистой наклонно залегающей толще под влиянием водоотбора с дебитом 0,05-0,1 л/с фиксируются в наблюдательной скважине, расположенной в 20-30 м от центральной. По данным спаренных откачек из скважин 639, 430, 411 на Орловском месторождении получены фильтрационные параметры угленосной юрской толщи: проводимость T = 0,5÷1,5 м^2/сутки, коэффициент пьезопроводности $a = (1 \div 7) \cdot 10^3$ м^2/сутки при среднем коэффициенте фильтрации $(3 \div 5) \cdot 10^{-3}$ м/сутки и удельной водоотдаче $\mu^* = 1 \cdot 10^{-6}$ м$^{-1}$. Устойчивость значений фильтрационных параметров в пределах зоны выклинивания угольной залежи, а также характер изменения понижения во времени $S = f(t)$, близкий к условиям однородного бесконечного пласта, подтвердили мнение об отсутствии дизъюнктивных нарушений (разломов), ранее выделявшихся для увязки данных разведочного бурения.

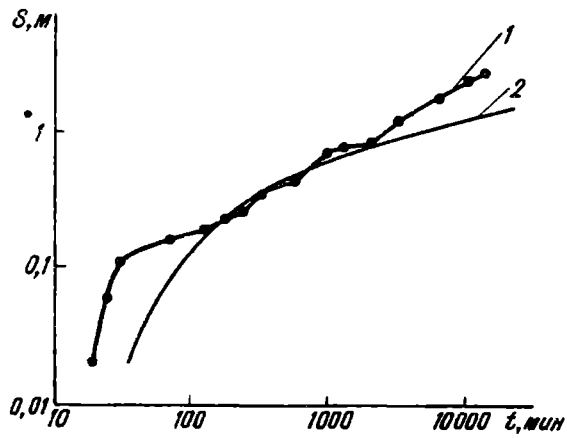


Рис.1. Сопоставление графиков понижений уровней S в скважине 37н (1) с графиком типовой кривой Тейса (2)

Безусловно в актив разведки Орловского месторождения следует отнести организацию спаренной откачки из скважины 800, вскрывшей линзообразное междупластье угольных горизонтов, сложенное песчаниками: по графику $S = f(t)$ наблюдательной скважины 37н (рис.1) была установлена проводимость участка размещения скважины (T = 30 м^2/сутки) и зона фациального замещения песчаников (T = 2÷3 м^2/сутки), удаленной от скважины 800 на 300-500 м.

По данным кустовых откачек на Орловском буроугольном месторождении трудно однозначно решить вопрос о схеме фильтрации. На графиках временного прослеживания понижения уровня при откачках из мелового водоносного горизонта (МВГ) отмечена тенденция к увеличению расчетной проводимости при увеличении продолжительности откачек, что может быть связано с увеличением мощности водоносного горизонта или с влиянием питания потока подземных вод за счет перетекания или сработки гравитационных запасов в безнапорной зоне.

Главным итогом опытного водопонижения на Орловском месторождении следует считать установление схемы фильтрации к будущему карьеру - сработка гравитационной водостдачи полосы песчаных пород МВГ через зону напорной фильтрации. Площадная зональность проводимости T этого горизонта, обусловленная увеличением мощности песчаных пород $m_{\text{П}}$ в западном направлении, описывается приближенной зависимостью $T = k(m_{\text{П}})\, m_{\text{П}}$, где $k(m_{\text{П}}) = 1{,}5(1 + \ln \frac{m_{\text{П}}}{20})$. Вертикальная зональность МВГ охарактеризована величиной параметра перетекания $B = 10^3$ м, что соответствует расслоению горизонта на пачки песков мощностью 20-30 м, разделенные прослоями алевритов мощностью 5-10 м и коэффициентом фильтрации около 10^{-4} м/сутки. По результатам опытного водопонижения окончательно решен также вопрос о схеме фильтрации юрского водоносного комплекса (ЮВК) и о связи подземных вод ЮВК и МВГ: графики $S = f(t)$, зафиксированные в наблюдательных скважинах, оборудованных на ЮВК, соответствуют схеме одномерной фильтрации в режиме с постоянным понижением (рис.2), причем рассчитанные значения параметра пьезопроводности характеризуются весьма высокой устойчивостью, если иметь в виду литологическую и фациальную изменчивость пород ЮВК ($a = 1 \cdot 10^2 \div 1 \cdot 10^3$ м^2/сутки).

При исследовании фильтрационных параметров водоносных и водоупорных пород, а также для уточнения параметров фильтрационного потока при проведении опытного водопонижения были использованы датчики порового давления[x]. Датчики в виде гирлянды на гибкой сцепке были установлены в скважине, пройденной на глинистом растворе в интервалах, вскрывающих МВГ, покрывающие и подстилающие водоупорные глинистые породы.

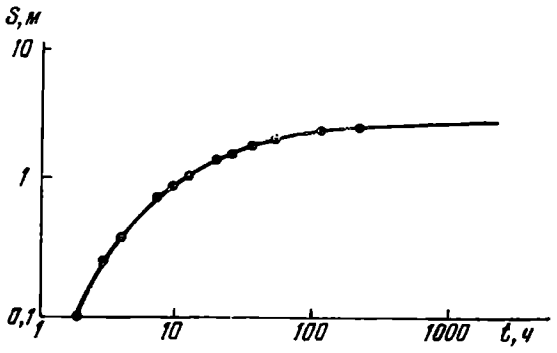


Рис.2. Понижение уровней по скважине ЮВК

Реакция датчиков порового давления, установленных в водоносном горизонте, как показал опыт наблюдений на Орловском

[x] Ломакин Е.А., Миронов А.С. О влиянии емкости и кольматации опытных и наблюдательных скважин на точность определения параметров. - В кн.: Оценка качества гидрогеологической и инженерно-геологической информации. Межвузовск. сборник. Новочеркасск, изд. Новочеркасского политехн. ин-та, 1980.

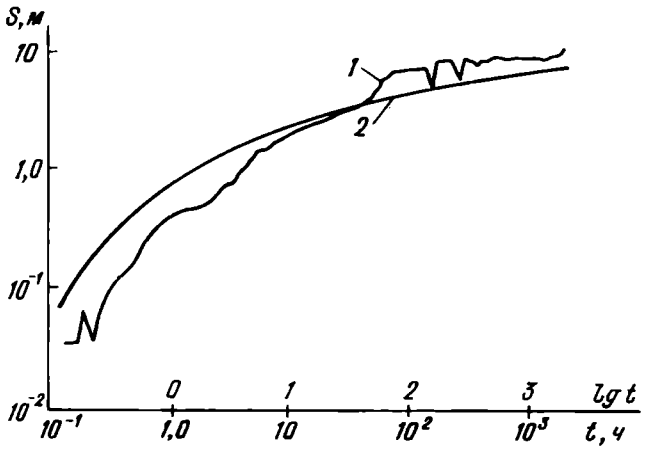


Рис.3. Характерный график прослеживания уровня по замерам датчиков порового давления (1) и типовая кривая Тейса (2)

месторождении, определяется инерционностью экранирующей зоны, создаваемой вокруг скважины при бурении с глинистым раствором. В период формирования графика $S = f(t)$ зоны размещения датчиков характеризуются низким значением пьезопроводности (на 2-3 порядка ниже, чем в водоносном горизонте) и заниженной (в 1,5-2 раза) проводимостью. Тем не менее по конечному участку графика (рис.3) интерпретация показаний датчиков дает параметры, идентичные замерам уровней по наблюдательным скважинам ($T = 50$ м^2/сутки, $a = 10^5$ м/сутки).

В этой связи следует заметить, что инерционность датчиков формируется главным образом за счет существенного увеличения водоотдачи закольматированных при бурении пород, хотя теоретический анализ[x] показал, что в условиях жесткой фильтрации снижение проницаемости прискважинной зоны не влияет заметно на реакцию датчика. Полученные нами значения $r_к^2/a = 10 \div 30$ сутки$^{-1}$, например при $r_к = 0{,}5$ м; $a = 0{,}03$ м^2/сутки и при $r_к = 5$ м; $a = 3$ м/сутки (здесь $r_к$ - радиус зоны кольматации), характеризуют неоднородность водоносного горизонта за счет кольматации прискважинной зоны. Не исключено, что инерционность датчиков объясняется эффектом слоистости и фациальной изменчивостью МВГ, однако это предположение не подтверждено наблюдениями по открытым пьезометрам. В любом случае вопрос об условиях проявления и оценке инерционности датчиков требует дальнейшего теоретического и экспериментального изучения.

С помощью графиков $S = f(t)$, зафиксированных по данным замеров порового давления, получены значения пьезопроводности тасаранских алевритов ($a = 50 \div 100$ м^2/сутки) и юрских глинистых отложений ($a = 1 \div 2$ м^2/сутки), а также установлен факт неравномерности понижений уровней в меловом водоносном горизонте (в верхней части $S_{max} = 13$ м, в нижней 11 м, в средней, глинистой только 8,5 м), связанной с неравномерным отбором воды возмущающими скважинами из разных прослоев водоносного горизонта, а также с растянутостью (на срок более 3 месяцев) нестационарной фильтрации в вертикальном направлении. При этом экспериментально подтверждена правомочность

[x] Ломакин Е.А., Миронов А.С. О влиянии емкости и кольматации опытных и наблюдательных скважин на точность определения параметров. - В кн.: Оценка качества гидрогеологической и инженерно-геологической информации. Межвузовск. сборник. Новочеркасск, изд. Новочеркасского политехн. ин-та, 1980.

расчета параметров пьезопроводности глинистых пород по формулам одномерной нестационарной фильтрации

$$S = S_0 \, erfc \, \frac{x}{2at} \, ,$$

где S_0 - понижение уровня в водоносном горизонте в данной точке; x - расстояние по нормали от кровли или подошвы водоносного горизонта до данной точки.

Следует подчеркнуть, что таким образом сделан принципиально важный шаг в изучении фильтрационных свойств слабо проницаемых пород. Поскольку значения водоотдачи глинистых отложений достаточно уверенно могут быть определены по компрессионным испытаниям образцов, то открывается возможность определять коэффициент фильтрации водоупорных слоев, т.е. на количественном уровне решать задачи об условиях питания - истощения водоносных горизонтов, о защитной роли глинистых пород.

Поскольку в состав проблем по охране подземных вод от истощения безусловно входит исследование нарушения баланса водообмена, при разведке месторождений необходимо получить детальную характеристику природного баланса и в частности количественно охарактеризовать фильтрацию подземных вод в водоупорных толщах. Для решения этой задачи на Орловском месторождении установлены датчики порового давления в водоупорную толщу выше уровня подземных вод в нижележащем меловом водоносном горизонте; замеры порового давления в летний период 1980 г. и 1981 г. показали наличие нисходящего потока с горизонтом, близким к единице (табл.3).

Таблица 3

Данные замеров уровней в породах надъюрского комплекса

Отложения	Глубина, м	Напор, МПа	Абсолютная отметка уровня, м	Градиент вертикального потока
Олигоценовые пески	12	0,03	215	0,81
Чеганские глины	47	0,165	183,5	0,81
	68	0,143	166,3	1,31
Тасаранские алевриты	90	0,003	134,3	1,45
Меловые пески	107	0	117	1,01

Поскольку в кровле надъюрского комплекса на данном участке расположен водоносный горизонт олигоценовых песков, сезонные колебания интенсивности перетекания через толщу чеганских глин невелики, что исключает возможность надежного определения фильтрационных параметров этих глин. Вообще проблема полевого определения параметров глин ввиду их высокой инерционности по отношению к прилагаемым возмущениям требует особого методического подхода.

Выводы

В результате исследований получена достоверная характеристика схемы гидрогеологического строения Орловского месторождения (этажный характер циркуляции вод мел-палеогеновых отложений, с перетеканием из олигоценового водоносного горизонта в меловые пески через чеганские и тасаранские глины; „артезианский" характер циркуляции вод в наклонно залегающих отложениях юрского возраста по схеме „по пласту" с активной взаимосвязью на выходах с водами перекрывающих меловых песков и затрудненной связью по нормали к наслоению); получены значения фильтрационных параметров водоносных горизонтов и комплексов и прослежены закономерности их изменчивости по площади, позволяющие проводить широкую экстраполяцию на прилегающий регион; изучены фильтрационные свойства региональных водоупорных толщ и охарактеризованы условия взаимосвязи поверхностных и подземных вод; разработаны методы полевых исследований фильтрационных свойств глинистых пород, исследованы возможности и недостатки использования датчиков порового давления.

Аналогичные исследования позволяют обеспечить качественный прогноз изменений условий фильтрации подземных вод при разработке месторождений, и, следовательно, повысить эффективность проектируемых комплексов природоохранных мероприятий.

Опыт изучения фильтрационных свойств слабо проницаемых пород может быть использован при решении широкого круга задач: изучения условий питания и разгрузки водоносных горизонтов, выявления защитной роли глинистых пород и т.д.